复合酶制剂对北京填鸭胴体性状、体脂沉积和营养物质表观消化率的影响[1]

李复煌[1] 杨培龙[2] 陈 余[1] 谢 明[3] 侯水生[3*] 闻治国[2*]

（1.北京市畜牧总站，北京 100107；2.中国农业科学院饲料研究所，农业部饲料生物技术重点实验室，北京 100081；3.中国农业科学院北京畜牧兽医研究所，北京 100193）

摘 要：本试验旨在研究饲粮复合酶制剂水平对北京填鸭胴体性状、体脂沉积和营养物质表观消化率的影响。选取35日龄健康、大小均匀的雄性北京鸭96只，随机分成4个组，每个组6个重复，每个重复4只鸭。对照组饲喂玉米-豆粕型基础饲粮，试验1组、试验2组和试验3组饲粮分别在基础饲粮中添加100、200和300 mg/kg的复合酶制剂，试验鸭在35和36日龄饲粮填饲量分别为260和300 g，之后5 d各组饲粮填饲量均为400 g/d。试验期为7 d。结果表明：1）饲粮复合酶制剂水平对北京填鸭屠体重、屠体率、全净膛重、全净膛率、腿肌重、腿肌率、龙骨长和胸宽均无显著影响（$P>0.05$），而对北京填鸭增重、胸肌重、胸肌率、胸肌厚、肌胃重和肌胃率有显著影响（$P<0.05$）。试验2组和试验3组北京填鸭胸肌重和肌胃重分别比对照组显著提高了7.88%和7.60%（$P<0.05$）。2）饲粮复合酶制剂水平对北京填鸭皮脂重、皮脂率、腹脂重、腹脂率、肝脏重、肝重率和肝脂率均无显著影响（$P>0.05$）。试验1组皮脂厚与对照组相比显著提高了16.2%（$P<0.05$）。3）饲粮复合酶制剂水平对北京填鸭干物质和总能表观消化率无显著影响（$P>0.05$），而对北京填鸭粗蛋白质表观消化率有显著影响（$P<0.05$）。由此可见，饲粮中添加复合酶制剂对北京填鸭体脂沉积无显著影响，但能够提高饲粮中粗蛋白质表观消化率，并促进胸肌和肌胃的生长发育。

关键词：北京填鸭；复合酶制剂；胴体性状；体脂沉积；营养物质表观消化率

中图分类号：S834　　文献标识码：　　文章编号：

“北京烤鸭”驰名中外，是北京饮食文化的典型代表，其制作的原材料来源于填饲鸭。在填鸭生产中，填饲以玉米为主的高能饲料后，肉鸭快速沉积脂肪，原因是碳水化合物进入动物机体后，通过磷酸戊糖[1]和糖酵解等途径转化为甘油三酯，最终导致肝脏和其他脂肪组织

收稿日期：2017-01-01
基金项目：现代水禽产业技术体系建设专项资金资助（CARS-43）；中央级公益性科研院所基本科研业务费专项（1610382016015）；北京市农委科技项目
作者简介：李复煌（1976- ），男，甘肃人，副研究员，博士，从事家禽营养学研究。E-mail: lfh5118@126.com
*通信作者：侯水生，研究员，博士生导师，E-mail: houss@263.net; 闻治国，博士，E-mail: wenzg0125@163.com

内脂肪的沉积。在北京鸭上，480 g/d 的填饲量能使北京鸭皮脂重和腹脂重分别提高 18.7%和 39.6%，肝脏脂肪含量提高 70.5%[2]；同时填饲也能导致北京鸭肌内脂肪含量升高[4]，肌内脂肪含量能达到 2.26%～5.57%[5]。在骡鸭上也有类似的研究结果，填饲后骡鸭的皮脂率、腹脂率和肝体率均显著提高[3]。填鸭皮下脂肪多和胸肌快速生长是"烤鸭"外皮焦黄香脆以及内质细嫩滑润的必备条件。填鸭生产中，为提高皮脂沉积，常采用提高填饲量的做法，但北京鸭体重增长与填饲量不呈比例，随着填饲量的增加，饲粮营养物质利用率逐渐下降，部分饲料未能充分利用而直接排出体外[2]。先前研究发现，填鸭消化道内源酶分泌不足[6]，同时玉米-豆粕型饲粮中大量抗营养因子也会影响动物对蛋白质和糖类等营养物质的消化和吸收[7]。是否由于过量的营养物质摄入导致填鸭内源酶不足，以及饲料中过多的抗营养因子导致其营养物质消化率下降，目前尚不清楚。由于饲用酶制剂在提高动物生长性能、促进营养物质消化以及补充动物肠道内源酶等方面发挥着巨大的功能[8-11]。因此，探讨填鸭饲粮中添加酶制剂是否可以补充填鸭消化道内源酶和降解饲料中抗营养因子，从而最终达到提高填鸭营养物质消化率和降低饲料浪费的目的，具有重要的意义。本研究在前期发现添加外源酶制剂可以改善填鸭生长性能[12]的基础上，进一步测定其胴体性状、体脂沉积和营养物质表观消化率，以此探讨添加复合酶制剂是否可以通过提高填鸭营养物质消化率从而达到节约饲料的目的，具有重要的意义。

1　材料与方法

1.1　酶制剂

单一酶制剂为山东思诺拜特生物科技有限公司提供，复合酶制剂由各种单一酶制剂配制而成，每克复合酶制剂中分别含木聚糖酶 12 500 U、纤维素酶 600 U、淀粉酶 1 200 U、酸性蛋白酶 12 500 U、糖化酶 5 120 U。

1.2　试验设计及饲粮

Z4 雄性北京鸭（由中国农业科学院北京畜牧兽医研究所选育），1~35 日龄饲喂常规饲粮。35 日龄时，随机选取大小均匀一致、健康的鸭 96 只，随机分成 4 个组，每个组 6 个重复，每个重复 4 只鸭。对照组饲喂基础饲粮，试验 1 组、试验 2 组和试验 3 组饲粮分别在基础饲粮中添加 100、200、300 mg/kg 复合酶制剂，基础饲粮组成及营养水平见表 1。自由饮水，试验鸭在 35 和 36 日龄填饲量分别为 260 和 300 g/d，之后 5 d 各组填饲量均为 400 g/d，

试验期为 7 d。饲粮与水按 1.0:1.2 混合均匀，每天分 4 次用机械填饲（06:00、12:00、18:00 和 23:00），填鸭机由北京大营宏光经贸责任有限公司提供。

表 1　基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of the basal diet (air-dry basis)　　　%

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
玉米 Corn	81.3
豆粕 Soybean meal	15.0
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.3
石粉 Limestone	1.1
预混料 Premix[1)]	1.0
食盐 NaCl	0.3
合计 Total	100.0
营养水平 Nutrient levels[2)]	
代谢能 ME/(MJ/kg)[3)]	12.48
粗蛋白质 CP	13.51
钙 Ca	0.94
非植酸磷 NP	0.36
蛋氨酸 Met	0.24
赖氨酸 Lys	0.59

[1)] 预混料为每千克饲粮提供 Premix provided the following per kg of the diet：Cu ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) 10 mg，Fe ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) 60 mg，Zn (ZnO) 60 mg，Mn ($MnSO_4 \cdot H_2O$) 80 mg，Se ($NaSeO_3$) 0.2 g，I (KI) 0.2 mg，Cr (Cr_2O_3) 0.15 mg，氯化胆碱 choline chloride 1000 mg，VA 10 000 IU，VD_3 3 000 IU，VE 20 IU，VK_3 2 mg，硫胺素 thiamin 2 mg，核黄素 riboflavin 8 mg，VB_6 4 mg，VB_{12} 0.06 mg，*D*-泛酸 *D*-pantothenic acid 20 mg，烟酸 nicotinic acid 50 mg，叶酸 folic acid 1 mg，生物素 biotin 0.2 mg。

[2)] 营养水平为计算值。Nutrient levels were measured values.

[3)] 根据北京鸭饲料原料表观消化能量值进行计算。Values were calculated according to the AME value of

duck’s feed ingredients

1.3 饲养管理

试验采用网上平养，每个重复单圈饲养，自由饮水。填饲期鸭舍温度为 22~25 ℃，相对湿度为 60%~72%，采用人工补光制度，24 h 光照，其他按常规饲养管理进行。

1.4 样品采集与指标测定

42 日龄，将全部试验鸭禁食（自由饮水）12 h 后称重，计算填饲期北京鸭增重(weight gain，WG)，然后所有试验鸭用 B 超机（兽用，REF411281）测定胸肌厚（breast muscle thickness，BMT）和胸部皮脂厚（skin and subcutaneous fat thickness，SSFT），采用游标卡尺测定胸宽（breast width，BW）和龙骨长（keel length，KL）。测定结束后，口腔内放血法处死，拔完羽毛后沥干水称屠体重，然后取其皮脂（皮+皮下脂肪）、腹脂（腹脂+肌胃外脂肪）、胸肌、腿肌、肌胃和肝脏。

1.4.1 胴体性状

样品采集后测定屠体重（dressed weight, DW）、全净膛重（eviscerated weight, EW）、胸肌重（breast muscle weight, BMW）、腿肌重（leg muscle weight, LMW）和肌胃重（gizzard weight, GW），并参照杨宁[13]的方法计算屠体率（dressing percentage, DP）、全净膛率（eviscerated percentage, EP）、胸肌率（breast muscle percentage, BMP）、腿肌率（leg muscle percentage, LMP）和肌胃率（gizzard percentage，GP）。

1.4.2 体脂沉积

试验鸭屠宰后测定皮脂重（skin and subcutaneous fat weight, SSFW）、腹脂重（abdominal fat weight, AFW）、肝脏重（liver weight, LW），并计算皮脂率（skin and subcutaneous fat percentage, SSFP）、腹脂率（abdominal fat percentage, AFP）、肝重率（liver percentage, LP）。取一小块冻存的肝组织，解冻后用眼科剪剪碎并于 65 ℃下烘干制成粉末，回潮 24 h，备测肝脏水分和脂肪含量，并计算肝脂率（liver fat percentage, LFP）。肝脏中水分和脂肪含量分别采用差减法和索氏浸提法，具体操作步骤参照王平[14]的方法进行。

皮脂率（%）=（皮脂重/全净膛重）×100;

腹脂率（%）=[腹脂重/(全净膛重+腹脂重)]×100;

肝重率（%）=[肝脏重/(全净膛重十肝脏重)] ×100;

肝脂率（%）=(肝脏脂肪含量/肝脏风干重)×100。

1.4.3　营养物质表观消化率

营养物质表观消化率的测定是通过饲粮中添加0.5%的三氧化二铬（Cr_2O_3）外源指示剂来完成，选择试验期中间阶段（第5天），测定填鸭在不同复合酶制剂水平下的营养物质表观消化率。在第5天以重复为单位收集排泄物，每6 h收集1次，然后立即加入10%的盐酸（防止氨的挥发），充分混匀后取20％的鲜粪尿样，4 ℃冷藏，然后于65 ℃烘箱中烘至恒重，在室温下回潮24 h，粉碎过40目筛，保存待测。填饲时采集不同时间段的饲料样品100 g，然后混合均匀，粉碎过40目筛，保存待测。

饲料和排泄物中Cr_2O_3含量的测定：用强氧化剂（钼酸钠、浓硫酸和高氯酸按一定比例混合配制）将Cr_2O_3消化后，在分光光度计上460 nm波长下测定，具体操作见Divakaran等[15]方法。采用常规方法测定饲料和排泄物中干物质（dry matter, DM）（GB/T 6435—2014）和粗蛋白质（crude protein, CP）含量（GB/T 6432—1994）。饲料和排泄物总能采用氧弹式测热计（Parr 6100 calorimeter, USA）测定。营养物质表观消化率计算公式如下：

营养物质表观消化率(%)=100—100×[（饲料中 Cr_2O_3 含量/排泄物中 Cr_2O_3 含量）×（排泄物中营养物质含量/饲料中营养物质含量）]。

1.5　数据处理

试验数据采用 SAS 8.0 进行单因素方差分析（one-way ANOVA），各组间平均值的比较采用 Duncan 氏多重比较进行差异显著性检验，利用正交多项式（orthogonal polynomials）分析酶制剂水平对各反应指标的线性或二次曲线效应，以 P<0.05 作为差异显著性判断标准。

2　结果与分析

2.1　复合酶制剂对北京填鸭胴体性状的影响

由表 2 可知，饲粮复合酶制剂水平对北京填鸭增重、胸肌重、胸肌厚、肌胃重和肌胃率有显著影响（P<0.05），其中胸肌重、肌胃重和肌胃率呈现显著线性效应（P<0.05），而胸肌厚呈现显著二次曲线效应（P<0.05），但饲粮复合酶制剂水平对其他胴体性状指标无显著影响（P>0.05）。北京填鸭胸肌重和肌胃重分别在试验 2 组和试验 3 组达到最大，与对照组相比，分别显著提高了 7.88%和 7.60%（P<0.05）；而北京填鸭胸肌厚随饲粮复合酶制剂水平的升高呈现先升高后降低的趋势，在试验 1 组达到最大，显著高于对照组(P<0.05)；各试验组北京填鸭肌胃重显著高于对照组（P<0.05），但各试验组之间差异不显著（P>0.05）。上述结果表明，北京填鸭饲粮中添加复合酶制剂能够进一步促进填鸭胸肌和肌胃生长发育。

表 2　复合酶制剂对北京填鸭胴体性状的影响

Table 2　Effects of compound enzyme preparation on carcass traits of force-feeding Pekin ducks

项目 Items	复合酶制剂水平 Compound enzyme preparation level/（mg/kg）				SEM	P 值 P-value	线性 P 值 Linear P-value	二次 P 值 Quadratic P-value
	0（对照 control）	100	200	300				
增重 WG/g	644.71[a]	666.29[a]	700.78[b]	701.88[b]	6.67	0.000 2	<0.000 1	0.304 7
屠体重 DW/kg	2.93	2.94	2.98	2.95	0.12	0.467 1	0.046 3	0.989 2
屠体率 DP/%	88.28	88.38	88.61	88.97	0.13	0.233 5	0.414 1	0.383 5
全净膛重 EW/kg	2.46	2.47	2.47	2.43	0.01	0.688 6	0.462 8	0.692 4
全净膛率 EP/%	74.26	74.06	73.45	73.57	0.21	0.486 5	0.161 8	0.553 7
胸肌重 BMW/g	200.09[b]	211.48[ab]	215.83[a]	215.10[a]	2.25	0.043 4	0.014 7	0.918 8
胸肌率 BMP/%	8.17[b]	8.58[ab]	8.73[a]	8.69[a]	0.08	0.051 7	0.019 2	0.881 4
胸肌厚 BMT/cm	1.69[b]	1.85[a]	1.76[ab]	1.77[ab]	0.02	0.0235	0.6176	0.003 6
腿肌重 LMW/g	141.04	138.05	142.17	141.30	1.22	0.671 8	0.653 6	0.2782
腿肌率 LMP/%	11.45	11.12	11.49	11.62	0.09	0.210 2	0.241 8	0.216 3
肌胃重 GW/g	60.93[b]	64.03[a]	63.71[a]	65.55[a]	0.43	0.000 7	0.000 2	0.123 5
肌胃率 GP/%	2.47[c]	2.60[ab]	2.56[bc]	2.69[a]	0.02	0.001 0	0.000 4	0.052 0
龙骨长 KL/cm	14.98	14.96	15.07	14.95	0.05	0.859 7	0.985 1	0.468 1
胸宽 KW/cm	11.76	11.69	11.82	11.69	0.04	0.594 0	0.876 0	0.184 7

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（P<0.05），相同或无字母表示差异不显著（P>0.05）。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference (P>0.05). The same as below.

2.2　复合酶制剂对北京填鸭体脂沉积的影响

由表 3 可知，饲粮复合酶制剂水平对北京填鸭皮脂厚有显著影响（P<0.05），且呈现显著的二次曲线效应（P<0.05），而对皮脂重、皮脂率、腹脂重、腹脂率、肝脏重、肝重率和肝脂率均无显著影响（P>0.05）。试验 1 组北京填鸭皮脂厚最大，与对照组相比，显著提高了 16.2%（P<0.05），进一步添加复合酶制剂（200 和 300 mg/kg）对其影响作用不显著（P<0.05）。上述结果表明，饲粮添加复合酶制剂提高了北京填鸭皮脂厚，皮下脂肪多正是“北京烤鸭”外皮焦黄香脆以及内质细嫩滑润的必备条件。

表 3　复合酶制剂对北京填鸭体脂沉积的影响

Table 3　Effects of compound enzyme preparation on body fat deposition of force-feeding Pekin ducks

项目 Items	复合酶制剂水平 Compound enzyme preparation level/（mg/kg）				SEM	*P* 值 *P*-value	线性 *P* 值 Linear *P*-value	二次 *P* 值 Quadratic *P*-value
	0（对照 control）	100	200	300				
皮脂重 SSFW/g	781.58	783.83	763.05	776.39	5.61	0.532 9	0.192 7	0.150 5
皮脂厚 SSFT/cm	0.37^{b}	0.43^{a}	0.39^{ab}	0.40^{ab}	0.01	0.015 5	0.339 7	0.016 2
皮脂率 SSFP/%	31.77	31.77	30.83	31.75	0.19	0.203 6	0.298 2	0.041 5
腹脂重 AFW/g	57.29	64.33	59.67	60.50	1.03	0.065 8	0.702 7	0.017 5
腹脂率 AFP/%	2.27	2.54	2.35	2.43	0.04	0.060 7	0.562 8	0.012 5
肝脏重 LW/g	75.83	75.83	79.35	78.18	0.62	0.105 1	0.055 5	0.134 6
肝重率 LP/%	2.99	2.97	3.11	3.09	0.02	0.110 1	0.047 9	0.145 1
肝脂率 LFP/%	12.67	12.29	13.26	13.24	0.32	0.675 1	0.350 8	0.437 6

2.3　复合酶制剂对北京填鸭营养物质表观消化率的影响

由表 4 可知，饲粮复合酶制剂水平对北京填鸭干物质和总能表观消化率无显著影响（P>0.05），而对北京填鸭粗蛋白质表观消化率有显著影响（P<0.05），与对照组相比，试验 2 组显著提高了北京填鸭粗蛋白质表观消化率（P<0.05），提高了 2.9%；试验 1 组和试验 3 组北京填鸭粗蛋白质表观消化率与对照组无显著差异（P>0.05），试验 2 组与试验 3 组之间无显著差异（P>0.05）。上述结果表明，过量添加复合酶制剂（300 mg/kg）不能进一步提高北京填鸭粗蛋白质表观消化率。

表 4　复合酶制剂对北京填鸭营养物质表观消化率的影响

Table 4　Effects of compound enzyme preparation on nutrient apparent digestibility of force-feeding Pekin ducks　%

项目 Items	复合酶制剂水平 Compound enzyme preparation level/（mg/kg）				SEM	*P* 值 *P*-value	线性 *P* 值 Linear *P*-value	二次 *P* 值 Quadratic *P*-value
	0（对照 control）	100	200	300				
干物质 Dry matter	81.39	81.55	82.88	81.79	0.24	0.103 7	0.209 3	0.084 0
总能 Gross energy	86.15	85.28	85.21	85.45	0.21	0.362 6	0.245 1	0.798 7
粗蛋白质 Crude protein	76.14^{b}	76.08^{b}	78.35^{a}	77.88^{ab}	0.36	0.031 4	0.013 5	0.081 7

3 讨 论

3.1 复合酶制剂对北京填鸭胴体性状的影响

酶是生物体产生的一种活性物质，动物消化各种营养物质必须在消化酶的作用下才能进行。当水禽被填饲大量饲粮后，机体内源酶会分泌不足，胰腺和食糜消化酶浓度下降，饲粮中的非淀粉多糖等抗营养因子难以充分降解，造成营养物质利用率低下[2,16]。填鸭生产中，为达到快速沉积脂肪的目的，填饲大量以玉米为主的碳水化合物后，导致填鸭消化率下降。因此，外源酶制剂的添加可能会改善填鸭生产中遇到的问题。

目前已有大量研究证实，饲粮中添加酶制剂能显著提高家禽生长速度，降低料重比[17-19]。Kang 等[20]在肉鸭上的研究发现，在玉米-稻米-豆粕型饲粮中添加复合酶制剂后，肉鸭日增重显著提高，采食量和料重比显著下降，这与我们前期研究结果[12]一致。本试验在前期试验的基础上，进一步探究复合酶制剂对北京填鸭胴体性状的影响，结果发现，饲粮中添加复合酶制剂能显著提高北京填鸭胸肌重、胸肌厚、肌胃重和肌胃率。胸肌重和肌胃重分别在 200 和 300 mg/kg 复合酶制剂组达到最大，与对照组相比，分别提高了 7.88%和 7.60%，这与 Rayan 等[21]在肉鸡上的研究结果一致。Rayan 等[21]研究发现，饲粮中添加 200 mg/kg 复合酶制剂，肉鸡胸肌率提高了 7.5%，同时肌胃重也显著升高。原因可能是填鸭饲粮中添加复合酶制剂能够补充填鸭消化道内源酶的不足，能够进一步提高填鸭肠道蛋白质的消化吸收率，并促进胸肌和肌胃蛋白质的合成。事实上，本试验中粗蛋白质表观消化率在添加复合酶制剂后显著上升的结果也验证了胸肌重和肌胃重均显著升高的这一结论。北京填鸭胸肌厚随饲粮复合酶制剂水平的升高呈现先升高后降低的趋势，同时复合酶制剂添加组北京填鸭肌胃重显著高于对照组，但各复合酶制剂添加组之间差异不显著，表明进一步提高饲粮复合酶制剂水平时，对填鸭作用效果不明显，这与唐琼等[22]在樱桃谷鸭上的研究结果一致。酶制剂的应用效果不仅与温度和 pH 有关，还与酶制剂的剂量有关[23]。在一定范围内，随着酶制剂水平的提高，酶制剂对动物生长性能和饲料报酬的作用效果也随着增强，但当添加量超过一定水平时，动物的生长性能不会有明显的改善。

3.2 复合酶制剂对北京填鸭体脂沉积的影响

在水禽上，填饲的主要目的是快速沉积脂肪以及生产肥肝，关于填饲能够增加水禽脂肪

沉积已经有了比较深入的研究[2-3]，填饲诱导水禽体脂沉积的机理是肝脏内脂肪酸合成代谢大于分解代谢时，从头合成的甘油三酯就会储存在肝脏和脂肪组织中。但是复合酶制剂对北京填鸭体脂沉积的影响还未见报道。本试验结果表明，饲粮复合酶制剂水平对北京填鸭皮脂厚有显著的影响，而对皮脂重、皮脂率、肝脏重、肝重率和肝脂率无显著影响，腹脂率和腹脂重有升高的趋势，但差异不显著。北京填鸭皮脂厚在 100 mg/kg 复合酶制剂酶添加组最大，与对照组相比，提高了 16.2%，进一步添加复合酶制剂（200 和 300 mg/kg）对其影响不大。一定范围内，家禽能量摄人逐渐增多并超过消耗能，则过多的能量以脂肪形式在体内蓄积，同时，脂肪沉积率随能量水平增加呈线性增加，但能量水平增加到一定程度时，脂肪沉积基本保持稳定[24-26]。同时，闻治国等[2]在北京填鸭上研究结果表明，北京填鸭的适宜填饲量是 390～414 g/d，过多能量摄入不会进一步引起填鸭体重增加以及体脂沉积。因此，本试验中 400 g/d 的填饲量已经达到北京鸭的最大能量摄入量，进一步添加复合酶制剂可能不会引起填鸭对饲料的能量利用率，故填鸭体脂沉积差异不显著。此外，家禽脂肪发育和脂肪沉积的程度主要取决于血清甘油三酯和肝脏脂肪含量[25]，而北京填鸭腹脂和皮脂中脂肪主要来源于肝脏中过多的极低密度脂蛋白（VLDL）分泌。VLDL 是把肝脏合成（内源性）的甘油三酯与磷脂、胆固醇以及载脂蛋白合成脂蛋白，然后经肝脏分泌到血液中，在血液中经脂蛋白酯酶分解为甘油三酯，而后在脂肪组织中合成脂肪。本试验中，复合酶制剂对北京填鸭肝脏脂肪含量影响不大，同时前期试验中发现饲粮中添加复合酶制剂没有影响血清甘油三脂含量，这可能是本试验中体脂沉积差异不显著的原因。

3.3　复合酶制剂对北京填鸭营养物质表观消化率的影响

大量研究表明，饲粮中添加酶制剂可以提高家禽营养物表观消化率。研究发现，玉米-豆粕型饲粮中添加复合酶制剂（木聚糖酶、葡聚糖酶、淀粉酶），肉仔鸡的代谢能提高了 2.28%，氨基酸消化率也有所提高[18]。唐琼等[27]在肉鸭上也得到类似的结果，低能饲粮中添加 200 μL/kg 复合酶制剂能够改善肉鸭的生长性能以及提高肉鸭回肠营养物质表观消化率。但是关于复合酶制剂对填饲水禽营养物质表观消化率的影响研究很少。北京鸭随着填饲量的增加，粗蛋白质和干物质表观消化率逐渐降低，而能量表观消化率保持不变[2]。Tafaj 等[28]也研究报道，奶牛和绵羊的饲喂量是自由采食的 3 倍时，2 种动物的营养物质利用率都分别降低，动物体重增加不明显。一般来说，填饲饲粮越多，饲粮通过消化道速度越快，同时肠

道与食物有效接触面积越小，必然会造成饲粮消化率降低[29]。本试验条件下，在填饲量一致的情况下，饲粮中添加 200 mg/kg 的复合酶制剂能提高北京填鸭粗蛋白质表观消化率，与对照组相比，提高了 2.9%，而饲粮中添加复合酶制剂对干物质和总能表观消化率的影响不大；过量复合添加酶制剂（300 mg/kg）不能进一步提高北京填鸭粗蛋白消化率。因此，北京鸭填饲量在 400 g/d 时，添加复合酶制剂可提高饲粮粗蛋白质表观消化率，进一步降低氨气和氮的排放。本试验中，由于粪便中脂肪含量较少，所以未考虑脂肪的消化率，可能会加大试验分析中误差。

4 结 论

①饲粮中添加复合酶制剂能够提高北京填鸭胸肌重、胸肌厚和肌胃重。

②饲粮中添加复合酶制剂能提高北京填鸭粗蛋白质表观消化率，而对干物质和总能表观消化率无显著影响。

致谢：感谢2016年北京市农委科技项目《北京鸭ω-3饲喂试验和免填技术试验示范》在资金上的支持。

参考文献:

[1] MOUROT J,GUY G,LAGARRIGUE S,et al.Role of hepatic lipogenesis in the susceptibility to fatty liver in the goose (*Anser anser*)[J].Comparative Biochemistry and Physiology Part B,2000,126(1):81–87.

[2]闻治国,朱勇文,唐静,等.不同填饲量对北京鸭胴体品质、体脂沉积和营养物质表观消化率的影响[J].畜牧兽医学报,2012,43(8):1247–1254.

[3]闻治国,谢明,黄苇,等.不同填饲量对骡鸭生产性能、胴体品质和体脂沉积的影响[J].畜牧兽医学报,2013,44(3):419–426.

[4] ZANUSSO J,REMIGNON H,GUY G,et al.The effects of overfeeding on myofibre characteristics and metabolical traits of the breast muscle in Muscovy ducks (*Caïrina moschata*)[J].Reproduction Nutrition and Development,2003,43(1):105–115.

[5]CHARTRIN P,MOUROT J,BERNADET M D,et al.Effect of genotype and force-feeding on the

intramuscular fat deposition in duck[C]//Proceedings of the 16th European Symposium on the Quality of Poultry Meat.Saint-Brieuc：France,2003:224–230.

[6]李琨瑛,刘敏雄,王柱三.填饲对北京鸭糖耐量的影响[J].中国畜牧杂志,1984(1):17–19.

[7]张铁鹰,汪儆.酶在玉米-豆粕日粮中的应用研究进展[J].动物营养学报,2003,15(2):6–10.

[8]张旭,蒋桂韬,王向荣,等.临武鸭对添加复合酶棕榈粕和椰子粕的养分、氨基酸和能量的利用率[J].动物营养学报,2016,28(8):2360–2366.

[9]文超越,李勇,邢伟刚,等.酵母水解物与复合酶制剂或微生态制剂组合替代血浆蛋白粉对保育猪生长性能和血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2016,28(12):3988–3995.

[10]李艳玲,张民,柴建民,等.外源性复合酶制剂对体外瘤胃发酵及奶牛产奶性能的影响[J].动物营养学报,2015,27(9):2911–2919.

[11]武玉珺,曹丙健,杨家昶,等.复合酶制剂对饲喂高粱饲粮肉仔鸡生长性能和血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2015,27(11):3527–3533.

[12]闻治国,张铁鹰,谢明,等.不同酶制剂水平对北京填鸭生长性能、血浆生化指标和肝脏组织学的影响[J].华北农学报,2012,27(6):78–83.

[13]杨宁.家禽生产学[M].北京:中国农业出版社,2002.

[14]王平.饲料质量检测指导[M].杨凌:西北农林科技大学出版社,2003.

[15]DIVAKARAN S,OBALDO L G,FORSTER I P.Note on the methods for determination of chromic oxide in shrimp feeds[J].Journal of Agricultural and Food Chemistry,2002,50(3):464–467.

[16] NITSAN Z,NIR I,DROR Y,et al.The effect of forced feeding and of dietary protein level on enzymes associated with digestion,protein and carbohydrate metabolism in geese[J].Poultry Science,1973,52(2):474–481.

[17]孙春阳,何科林,萨仁娜,等.非淀粉多糖复合酶对肉仔鸡生产性能和排泄物中含氮物含量的影响[J].动物营养学报,2014,26(5):1370–1378.

[18]汤海鸥,高秀华,姚斌,等.低能饲粮中添加复合酶对肉鸡生长性能、肠道黏膜形态和食糜黏度的影响[J].动物营养学报,2014,26(1):190–196.

[19]颜瑞,庄苏,任美琦,等.杂粕型饲粮添加复合酶制剂对樱桃谷肉鸭生产性能、消化酶活性及

血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2011,23(2):285–292.

[20]KANG P,HOU Y Q,TOMS D,et al.Effects of enzyme complex supplementation to a paddy-based diet on performance and nutrient digestibility of meat-type ducks[J].Asian-Australasian journal of animal sciences,2013,26(2):253–259.

[21]RAYAN G N,EI-FAHAM A I,ABDELAZIZ M A M.Impact of strain,different levels of commercial multi enzymes and their interaction on broilers performance and carcass traits[J].Egyptian Poultry Science Journal,2015,35(2):471–488.

[22]唐琼.酶制剂对肉鸭生产性能、消化器官和肠道内环境的影响[D].硕士学位论文.雅安:四川农业大学,2009.

[23] KAAR J LR.Using enzyme structure-environment-activity relationships to enhance biocatalyst utility[D].Ph.D.Thesis.Pittsburgh:University of Pittsburgh,2007.

[24]HERMIER D,SAADOUN A,SALICHON M R,et al.Plasma lipoproteins and liver lipids in two breeds of geese with different susceptibility to hepatic steatosis:changes induced by development and force-feeding[J].Lipids,1991,26(5):331–339.

[25]FOURNIER E,PERESSON R,GUY G,et al.Relationships between storage and secretion of hepatic lipids in two breeds of geese with different susceptibility to liver steatosis[J].Poultry Science,1997,76(4):599–607.

[26]蔡元丽,林海.应激和饲粮能量水平对肉仔鸡肝脏脂肪合成能力的影响[J].动物营养学报,2016,28(8):2512–2520.

[27]唐琼,汝应俊,张克英,等.低能饲粮中添加不同酶制剂对肉鸭生长性能和养分回肠表观消化率的影响[J].动物营养学报,2008,20(5):579–585.

[28] TAFAJ M,STEINGASS H,DROCHNER W.Influence of hay particle size at different concentrate and feeding levels on digestive processes and feed intake in ruminants.2.Passage,digestibility and feed intake[J].Archives of Animal Nutrition,2001,54(3):243–259.

[29]HENKEN A M,KLEINGELD D W,TIJSSEN P A T.The effect of feeding level on apparent digestibility of dietary dry matter,crude protein and gross energy in the African catfish *Clarias*

gariepinus (Burchell,1822)[J].Aquaculture,1985,51(1):1–11.

Effects of Compound Enzyme Preparation on Carcass Traits, Body Fat Deposition and Nutrient Apparent Digestibility of Force-Feeding Pekin Ducks

LI Fuhuang[1] YANG Peilong[2] CHEN Yu[1] XIE Ming[3] HOU Shuisheng[3*] WEN Zhiguo[2*]

(1. *Beijing Animal Husbandry Service Station, Beijing* 100107, *China*; 2. *Key Laboratory for Feed Biotechnology of the Ministry of Agriculture, Feed Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing* 100081, *China*; 3. *Institute of Animal Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing* 100193, *China*)

Abstract: This experiment was conducted to study the effects of daily compound enzyme preparation level on carcass traits, body fat deposition and nutrient apparent digestibility of force-feeding Pekin ducks. Ninety-six 35-day-old health male Pekin ducks with similar body weight were randomly assigned into 4 groups with 6 replicates per group and 4 ducks per replicate. The control group was fed a corn-soybean meal basal diet, and the experimental groups 1, 2 and 3 were fed basal diets supplemented with 100, 200 and 300 mg/kg compound enzyme preparation, respectively. Ducks in the four groups were force fed 260 and 300 g/d diets at 35 and 26 days of age, and then all force fed 400 g/d diets during the other 5 days. The experiment lasted for 7 days. The results showed as follows: 1) dietary compound enzyme preparation level had no significant effects on dressing weight, dressing percentage, eviscerated weight, eviscerated percentage, leg muscle weight, leg muscle percentage, keel length and breast width of force-feeding Pekin ducks （P>0.05）, but had significant effects on weight gain, breast muscle weight, breast muscle percentage, breast muscle thickness, gizzard weight and gizzard percentage of force-feeding Pekin ducks （P<0.05）. Compared with the control group, the breast muscle weight and gizzard weight of force-feeding Pekin ducks in experimental groups 2 and 3 were increased by 7.88% and 7.60% （P<0.05）, respectively. 2） Dietary compound enzyme preparation level had no significant effects on skin and subcutaneous fat weight, skin and subcutaneous fat percentage, abdominal fat weight, abdominal fat percentage, liver weight, liver percentage and liver fat percentage of

force-feeding Pekin ducks （P>0.05）. Compared with the control group, the skin and subcutaneous fat thickness in experimental group 1 was increased by 16.2% (P<0.05). 3） Dietary compound enzyme preparation level had no significant effects on the apparent digestibility of dry matter and gross energy (P>0.05), but had significant effects on the crude protein apparent digestibility (P<0.05). In conclusion, dietary compound enzyme preparation supplementation has no significant difference on body fat deposition of force-feeding Pekin ducks, but it can improve apparent digestibility of crude protein and induces the growth of breast muscle and gizzard.

Key words: force-feeding Pekin ducks; compound enzyme preparation; carcass traits; body fat deposition; nutrient apparent digestibility

---

*Correspondings: HOU Shuisheng, professor, E-mail: houss@263.net; WEN Zhiguo, doctor, E-mail: wenzg0125@163.com (责任编辑　武海龙)